

ANALISIS DE LA DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL EL COCUY

JUAN ALEJANDRO RODRIGUEZ TEQUIA

Articulo para optar el título de especialista en Geomática

**Profesor
Jorge Luis Corredor Rivera**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESPECIALIZACION EN GEOMÁTICA
BOGOTÁ D.C.
2015**

ANALISIS DE LA DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL EL COCUY

ANALYSIS OF SPATIAL DISTRIBUTION OF MAXIMUM PRECIPITATION IN 24 HOURS NATIONAL NATURAL PARK EL COCUY

Juan Alejandro Rodríguez Tequia
Ingeniero Topográfico
Profesional Subdirección de Gestión de Infraestructura, IDU
Bogotá, Colombia
1984jart@gmail.com

RESUMEN

En las últimas décadas hemos visto cambios significativos en el clima, causado por el calentamiento global, que afecta de manera general la temperatura y el ciclo hidrológico, provocando reducciones en las precipitaciones, generando estrés hídrico en diferentes zonas lo cual conllevaría a largas sequías, provocando la desaparición de grandes hectáreas de bosques en América Latina y deshielo de los glaciares causando reducción en las reservas de agua para consumo humano, como para el riego de cultivos o aprovechamiento de las aguas en la generación de energía eléctrica. Por tal motivo se ha querido estudiar el comportamiento de las precipitaciones máximas en 24 horas en el Parque Nacional Natural El Cocuy, las cuales dependen en gran medida al comportamiento de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) en el país.

Por otro lado, los glaciares tropicales también se han visto afectados por el cambio climático, evidenciándose en una pérdida significativa del casquete glaciar, siendo aquellos glaciares que se encuentran dentro del PNN El Cocuy El Huila, Tolima, Santa Isabel, Ruiz, Santa Marta, Güicán, Cocuy y Chita.

Se analizaron los valores de precipitación máxima en 24 horas ocurridos, en la zona que comprende el área de influencia del PNN del Cocuy, incluida la masa glaciar más extensa de Colombia, para los años comprendidos entre 1958 y 2011, de información suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Posteriormente, se hace un procesamiento de la información utilizando el software ArcGis, aplicando el método de interpolación IDW (Distancia Inversa Ponderada), que permite generar una representación lógica y aproximada de la distribución espacial de la variable,

conservando el valor y posición real de los elementos. El IDW se apoya sobre el concepto de continuidad espacial, con valores muy cercanos a la realidad y que se van diferenciando conforme se incrementa la distancia. Así mismo se generan mapas para distintos periodos de retorno y se hace el análisis espacial del comportamiento de la precipitación en el tiempo.

Palabras clave: Precipitación Máxima, pluviómetro, Periodo de Retorno (T), ArcGis, interpolación, IDW.

ABSTRACT

In recent decades we have seen significant changes in climate caused by global warming, which generally affects the temperature and the hydrological cycle, generating reductions in rainfall, causing water stress in different areas which lead to long droughts, the disappearance of large hectares of forests in Latin America and melting glaciers, reduction in water supplies for human consumption and for crop irrigation or use of water in the generation of electricity. Therefore we have tried to study the behavior of maximum precipitation in 24 hours in the Natural National Park El Cocuy, which depend largely on the behavior of the Intertropical Confluence Zone (ZCIT) in the country.

On the other hand, the tropical glaciers have also been affected by climate change, demonstrating a significant loss of the ice cap, with those glaciers are within the PNN Cocuy El Huila, Tolima, Santa Isabel, Ruiz, Santa Marta, Güicán, Cocuy and Chita.

The values of maximum rainfall in 24 hours occurred were analyzed in the area that includes the area of influence of the PNN Cocuy, including the largest glacier mass of Colombia, for the years between 1958 and 2011, from information provided by the Institute Hydrology, Meteorology and Environmental Studies (IDEAM).

Subsequently, an information processing using the ArcGIS software is made by applying the interpolation method IDW (Inverse Distance Weighting), which generates a logic and approximate representation of the spatial distribution of the variable, preserving the value and actual position of the elements. The IDW is based on the concept of spatial continuity, very close to reality values and to be differentiated as the distance increases. Also maps are generated for different return periods and spatial analysis of the behavior of the precipitation is done in time.

Keywords: Maximum Precipitation, rain gauge, Return Period (T), ArcGis, interpolation, IDW

INTRODUCCIÓN

La precipitación es una de las principales variables en los modelos hidrológicos cuya incertidumbre de estimación se propaga a lo largo de los demás procesos que dependen de ella, teniendo en cuenta que la incertidumbre de la misma cambia con respecto a factores como la orografía, aunque no se entrara en detalle sobre esto, debido a que haría parte de otros modelos de estudio que no son comprendidos para este estudio. La precipitación permite hacer un planteamiento de estudios que servirán de apoyo para mejorar las planificaciones en distintos proyectos de ingeniería [2].

Para el área de estudio comprendida en el Parque Nacional Natural El Cocuy, existen diferencias notables en el régimen pluviométrico del costado oriental y occidental de la cordillera. El costado oriental del PNN del Cocuy presenta un régimen de lluvias monomodal y muy estacional, mayormente en las sabanas, con periodos de lluvias entre los meses de abril a noviembre, y sequia entre diciembre y marzo. Mientras que el costado occidental presenta un régimen de lluvias bimodal por el movimiento de la zona de confluencia intertropical.

Con la información suministrada por el IDEAM, se obtiene las precipitaciones máximas en 24h utilizando el método de Gumbel, para las estimaciones de lluvias en distintos periodos de retorno, y posteriormente apoyados por el software ArcGis, aplicar el método de interpolación IDW (Distancia Inversa Ponderada), donde se quiere estimar las áreas de predicción de precipitación a partir de información anual en el periodo comprendido entre el año de 1958 al 2011. Además se generó un muestreo para un periodo de retorno de 50 años por medio del método geoestadístico Kriging y el método Natural Neighbor (Vecino Natural), con el fin de analizar y comparar los resultados obtenidos por estos métodos de interpolación, con el utilizado para este estudio. El estudio analizara las precipitaciones máximas probables y sus periodos de retorno.

Desde el punto de vista ambiental, tenemos que la Sierra Nevada del Cocuy cuenta con todos los pisos térmicos que se pueden hallar dentro del territorio colombiano, desde la selva húmeda ecuatorial a los 700 msnm, pasando por bosques de niebla entre los 1500 hasta los 3000 msnm, luego por la zona de páramo y súper páramo hasta los 4200 a las nieves perpetuas desde los 4800 hasta los 5330 msnm que culminan en el Ritacuba Blanco.

La vegetación se divide de acuerdo a los pisos térmicos existentes en el parque, sobre los 700 msnm, se encuentra el piedemonte llanero, sobre los 700 msnm y hasta los 2300 msnm se encuentra la selva subandina con temperaturas promedio de 16 a 23 °C y precipitaciones entre 2000 y 4000 mm al año, a partir de los 2300 msnm y hasta los 3200 msnm se desarrolla la selva andina, los tipos de vegetación se destacan los bosques ricos en especies de Encenillo a partir de los 3200 msnm y hasta los 4.200 msnm se encuentra la franja de paramos del parque, donde se encuentra las especies de frailejón.

Debido a la gran extensión del parque, el clima va de cálido, pasando por templado y frío, hasta clima de páramo. La temperatura oscila entre los -4 y 30 °C.

1. AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

El PNN El Cocuy se encuentra localizado en jurisdicción de los municipios de El Cocuy, Güicán, El Espino, Chiscas, Chita y Cubará (en Boyacá); Tame, Fortul y Saravena (en Arauca); y La Salina y Sácama (en Casanare), con una extensión aproximada de 307.000 ha (3.070 km²).



Figura 1 Localización Geográfica Parque Nacional Natural El Cocuy

Fuente 1 Parques Nacionales

En la figura 1, se muestra el área de influencia para el estudio donde se encuentra la Sierra Nevada del Cocuy, Chita o Güicán, una formación montañosa localizada sobre el norte de la cordillera Oriental en el departamento de Boyacá y consiste de dos subcordilleras paralelas orientadas de norte a sur con una longitud de aproximadamente 30 km. El punto más alto se encuentra en la cadena oriental, Ritacuba Blanco (5.330 msnm) (el pico más alto de la cordillera Oriental de los Andes en Colombia) y Ritacuba Negro (5.300 m). La Sierra Nevada del Cocuy tiene el glaciar más grande de Colombia, el límite inferior de la nieve es de 4.800 m de altura. Son 18 los picos de la sierra que están cubiertos por nieves perpetuas. En la zona además existen numerosos lagos y cascadas. Con sus 30 km de longitud y sus más de 22 picos nevados, es la masa continua de nieve más grande de Sudamérica al norte de la línea del Ecuador terrestre. Se ubica en el noreste de Boyacá y abarca también los departamentos de Arauca y Casanare [3].

2. INFORMACION DISPONIBLE

En la tabla 1, se relacionan las estaciones que fueron utilizadas, para el desarrollo del estudio, tabla creada con base a la información suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). La estación 24030360 (Chiscas), se ha incluido dentro de la estación 24035310 (Chiscas), para aprovechar las lecturas tomadas en la primera y así complementar la información de esa estación. Se tomaron en cuenta factores, tales como: (i) disponibilidad de la información, para establecer las precipitaciones máximas en 24 h (Shapes y tablas de registros de lecturas de precipitaciones), (ii) metodologías que

se utilizaran para obtener resultados aproximados y más cercanos a la realidad, (iii) selección de las estaciones situadas en la periferia del PNN El Cocuy, para el cubrimiento total del área de influencia. La información disponible cuenta con un periodo de registros de 59 años, que son suficientes para comprender el comportamiento de la precipitación máxima en 24h en distintos periodos de retorno.

| CODIGO | ESTACION | TIPO | G | M | LAT | G | M | LONG | ELEV | LATY | LONGX | DPTO | MUNICIPIO | CORRIENTE |
|----------|---------------------|------|---|----|-------|----|----|---------|------|-----------|-----------|--------------------|--------------|----------------|
| 24030260 | EL COCUY | PM | 6 | 24 | 6,400 | 72 | 26 | -72,433 | 2749 | 1.200.512 | 1.180.670 | BOYACA | EL COCUY | NEVADO |
| 24030660 | EL MORTINO | PM | 6 | 22 | 6,367 | 72 | 25 | -72,417 | 3409 | 1.197.120 | 1.183.549 | BOYACA | EL COCUY | MORTINO |
| 24035070 | GUICAN | CO | 6 | 27 | 6,450 | 72 | 24 | -72,400 | 2963 | 1.206.794 | 1.184.569 | BOYACA | GUICAN | NEVADO |
| 24035240 | SIERRA NEVADA COCUY | CO | 6 | 24 | 6,400 | 72 | 22 | -72,367 | 3716 | 1.200.585 | 1.188.736 | BOYACA | GUICAN | QDA LAGUNILLAS |
| 24035310 | CHISCAS | CO | 6 | 32 | 6,533 | 72 | 30 | -72,500 | 2350 | 1.216.281 | 1.173.968 | BOYACA | CHISCAS | CHISCANO |
| 37045010 | SARAVENA | CO | 6 | 56 | 6,933 | 71 | 53 | -71,883 | 148 | 1.260.455 | 1.241.733 | ARAUCA | SARAVENA | CNO LA PAVA |
| 37035010 | TUNEBIA | CO | 7 | 0 | 7,000 | 72 | 6 | -72,100 | 370 | 1.266.955 | 1.216.794 | NORTE DE SANTANDER | TOLEDO | COBUGON |
| 37010050 | TABETA | PM | 6 | 48 | 6,800 | 72 | 33 | -72,550 | 3168 | 1.245.109 | 1.168.193 | SANTANDER | CONCEPCION | SARTANEJA |
| 36030030 | MORICHAL | PM | 6 | 34 | 6,567 | 71 | 42 | -71,700 | 300 | 1.218.964 | 1.262.165 | ARAUCA | TAME | CABALIA |
| 36030040 | BANADIA | PM | 6 | 48 | 6,800 | 71 | 50 | -71,833 | 300 | 1.244.284 | 1.248.137 | ARAUCA | SARAVENA | SATOCA |
| 36025010 | TAME | CO | 6 | 27 | 6,450 | 71 | 44 | -71,733 | 350 | 1.206.278 | 1.258.085 | ARAUCA | TAME | TAME |
| 36020030 | STA INES | PM | 6 | 14 | 6,233 | 71 | 58 | -71,967 | 860 | 1.181.744 | 1.232.618 | ARAUCA | TAME | SAN LOPE |
| 36020020 | LA CABUYA | PM | 6 | 7 | 6,117 | 72 | 0 | -72,000 | 575 | 1.169.824 | 1.228.872 | CASANARE | HATO COROZAL | CASANARE |
| 24030680 | EL PARAMO | PG | 6 | 39 | 6,650 | 72 | 35 | -72,583 | 2310 | 1.227.735 | 1.164.407 | SANTANDER | CARCASI | TUNEBO |
| 24030580 | JERICO | PM | 6 | 8 | 6,133 | 72 | 35 | -72,583 | 2962 | 1.170.927 | 1.164.626 | BOYACA | JERICO | QDA ALTAMIZAL |

Tabla 1 Estaciones PM: Pluviométrica, CO: Climatológica, PG: Pluviográfica

Fuente 2 El Autor

Se cuenta con el SHP del área de estudio (PNN El Cocuy) obtenida de Parques Nacionales Naturales de Colombia (Figura 2). Además como referencia se tiene información correspondiente a los municipios que comprenden el área de influencia (SHP Limites Municipales), información suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). De acuerdo a la información recopilada, se utiliza el método de interpolación de Distancia Inversa Ponderada (IDW), el cual se encuentra de manera implícita en ArcGis Versión 10.1, con el fin de analizar la distribución espacial de la precipitación máxima en 24h en los periodos de retorno (TR) 2.3, 5, 10, 20, 25, 50, 100, y 200 años correspondientes. El periodo de retorno (T), es el intervalo medio expresado en años, donde un valor extremo alcanza o supera el valor “x”, al menos una vez, esto quiere decir que es la probabilidad en que se pueda producir dicho evento, con una intensidad y duración específica, a partir de históricos de datos.

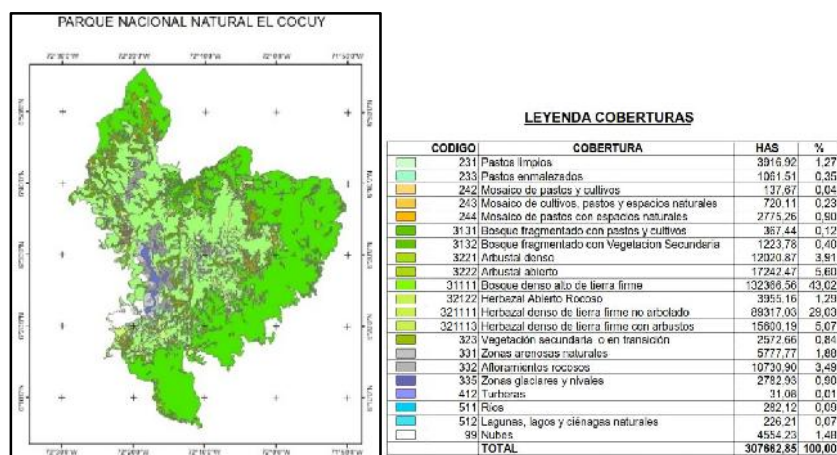


Figura 2 Shape Parque Nacional Natural El Cocuy – Mapa de Coberturas

Fuente 3 Parques Nacionales Naturales de Colombia

3. METODOLOGIA

De acuerdo a la información disponible y recopilada, se procede a depurar y analizar la información del IDEAM [4], donde se tienen lecturas de precipitación de las siguientes estaciones: El Cocuy, El Mortiño, Güicán, Sierra Nevada El Cocuy, Chiscas, Saravena, Tunebia, Tabeta, Morichal, Banadia, Tame, Santa Inés, La Cabuya, El Páramo y Jericó, entre el periodo de 1958 al 2011, variando las lecturas de los registros de acuerdo a cada estación.

Se ha tomado como ejemplo la estación Sierra Nevada El Cocuy para explicar cada tabla y las variables que se manejan. Periodo 1974-2010.

| ESTADÍSTICOS | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
| n | 33,0 | 35,0 | 32,0 | 33,0 | 35,0 | 37,0 | 36,0 | 36,0 | 36,0 | 36,0 | 35,0 | 35,0 | 71,0 |
| Xn | 7,3 | 9,3 | 12,8 | 19,8 | 21,0 | 16,1 | 14,8 | 14,9 | 17,7 | 19,8 | 20,0 | 19,1 | 15,9 |
| Sn | 6,6 | 6,0 | 8,3 | 9,7 | 8,6 | 5,9 | 6,1 | 7,9 | 8,2 | 11,1 | 8,1 | 7,9 | 16,8 |
| σ | 43,5 | 35,4 | 68,4 | 93,6 | 74,8 | 35,1 | 36,9 | 62,3 | 66,8 | 122,8 | 64,9 | 62,8 | 283,7 |
| Máximo | 25,0 | 27,2 | 33,0 | 42,6 | 43,5 | 30,7 | 29,0 | 41,1 | 48,3 | 65,0 | 34,6 | 38,0 | 65,0 |
| Mínimo | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 6,0 | 8,0 | 6,0 | 6,0 | 4,0 | 7,0 | 3,1 | 6,0 | 0,0 | 0,0 |
| Cv | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,8 | 1,1 |
| Cs | 1,1 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0,4 | 1,5 | 1,6 | 2,0 | 0,0 | 0,8 | 0,5 |
| Cu | 0,5 | 0,8 | 0,2 | -0,5 | 0,5 | 0,0 | -0,7 | 2,7 | 4,4 | 7,1 | -0,8 | 1,5 | -0,9 |

Tabla 2 Datos estadísticos de acuerdo a las lecturas de precipitación en la estación Sierra Nevada El Cocuy para el periodo 1974 -2010

Fuente 4 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

En la tabla 2, se observan los datos estadísticos de la estación Sierra Nevada El Cocuy, donde:

n : número de datos de la serie.

Xn : Promedio de los datos de la serie.

Sn : Desviación estándar de la muestra.

σ : Varianza

Cv : Sn/Xn Coeficiente de Variacion

Cs : Coeficiente de Asimetría

Cu : Curtosis

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| m_n | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| s_n | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| Y Variante Reducida | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 |
| | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 |
| | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 |
| | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 |
| | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 5,3 |
| | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 6,2 |
| | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,9 |
| | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 9,2 |
| K Constante de Gumbel | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 |
| | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,5 |
| | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 |
| | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 3,0 |
| | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,6 | 3,7 | 3,7 | 3,7 | 3,6 |
| | 4,3 | 4,3 | 4,4 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,4 | 4,3 |
| | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,2 | 5,2 | 5,2 | 5,1 |
| | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,7 | 5,7 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,7 |
| | 7,9 | 7,9 | 8,0 | 7,9 | 7,9 | 7,9 | 7,9 | 7,8 | 7,8 | 7,9 | 7,9 | 8,0 | 7,8 |

Tabla 3 Variante Reducida y Constante de Gumbel

Fuente 5 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

En la tabla 3, se obtiene la constante de Gumbel (K): $(y - Mn)/Sn$, donde:

- y (*Variante reducida*): es la variable de Gumbel para el periodo de retorno T. Se determina a partir del valor del periodo de retorno.
- Mn : es el valor que se obtiene a partir del número de años de la serie, mediante tablas.
- Sn : es el valor que se obtiene a partir del número de años de la serie, mediante tablas.

El método de Gumbel se utiliza para modelar la distribución del máximo (o mínimo), por lo que es usado para el cálculo de valores extremos.

| CÓDIGO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MAXIMO | T |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|--------|---------|
| P Precipitacion | 6,3 | 8,4 | 11,5 | 18,4 | 19,7 | 15,2 | 13,9 | 13,7 | 16,5 | 18,1 | 18,8 | 11,9 | 13,3 | 2,0 |
| | 7,5 | 9,5 | 13,2 | 20,2 | 21,3 | 16,3 | 15,0 | 15,2 | 18,0 | 20,2 | 20,3 | 13,4 | 16,5 | 2,3 |
| | 13,1 | 14,5 | 20,1 | 28,3 | 28,6 | 21,3 | 20,1 | 21,7 | 24,8 | 29,5 | 27,0 | 20,1 | 30,4 | 5,0 |
| | 17,6 | 18,6 | 25,8 | 34,9 | 34,5 | 25,3 | 24,2 | 27,1 | 30,2 | 37,1 | 32,5 | 25,6 | 41,8 | 10,0 |
| | 21,9 | 22,5 | 31,3 | 41,2 | 40,1 | 29,2 | 28,2 | 32,2 | 35,5 | 44,3 | 37,8 | 30,8 | 52,6 | 20,0 |
| | 23,2 | 23,7 | 33,0 | 43,3 | 41,9 | 30,5 | 29,4 | 33,8 | 37,2 | 46,6 | 39,5 | 32,4 | 56,1 | 25,0 |
| | 27,5 | 27,5 | 38,3 | 49,4 | 47,5 | 34,2 | 33,3 | 38,8 | 42,3 | 53,7 | 44,6 | 37,5 | 66,7 | 50,0 |
| | 31,6 | 31,3 | 43,6 | 55,6 | 53,0 | 38,0 | 37,2 | 43,7 | 47,5 | 60,7 | 49,7 | 42,6 | 77,2 | 100,0 |
| | 35,8 | 35,1 | 48,9 | 61,7 | 58,4 | 41,7 | 41,0 | 48,7 | 52,5 | 67,7 | 54,8 | 47,7 | 87,7 | 200,0 |
| | 41,3 | 40,0 | 55,9 | 69,8 | 65,6 | 46,7 | 46,0 | 55,2 | 59,3 | 77,0 | 61,5 | 54,3 | 101,6 | 500,0 |
| | 45,5 | 43,8 | 61,1 | 75,9 | 71,1 | 50,4 | 49,8 | 60,1 | 64,3 | 84,0 | 66,6 | 59,4 | 112,0 | 1000,0 |
| | 59,3 | 56,2 | 78,6 | 96,1 | 89,2 | 62,8 | 62,5 | 76,5 | 81,2 | 107,2 | 83,5 | 76,1 | 146,8 | 10000,0 |

Tabla 4 Cálculo de la Precipitación

Fuente 6 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

La tabla 4, muestra el cálculo de la Precipitación (P): $Xn + K Sn$, donde:

- P : es el valor de la lluvia estimada para cada periodo de retorno y una duración específica en mm.
- Pn : es el valor promedio de la lluvia en una duración específica, en mm.
- K : es la constante de Gumbel

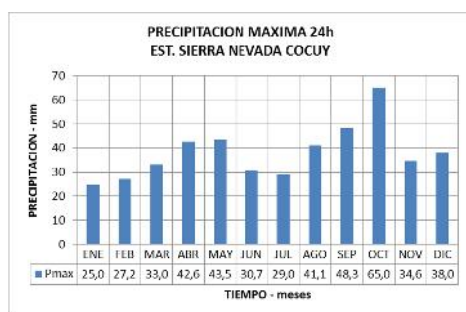


Figura 3 Distribución temporal de la precipitación Máxima en 24h

Fuente 7 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

En la figura 3, se tiene la distribución temporal de la precipitación máxima en 24 horas para la estación Sierra Nevada El Cocuy, de acuerdo a los máximos registrados para cada serie de tiempo.

Para las demás estaciones del área de estudio, se tiene la misma información, variando las lecturas, periodos de registros y precipitaciones máximas, oscilando las lecturas entre 1954 – 2011. Dicha información se encuentra en los anexos.

En la tabla 5, se tiene el cuadro resumen de precipitaciones máximas en 24 horas para cada estación con un periodo de retorno de 2.3 años, donde se indica: periodo de registros de lecturas, número de años de la serie analizada (n), Precipitaciones Máximas en 24h para el periodo de retorno utilizando el método de Gumbel con el cual se obtuvo buenos resultados para el cálculo de valores extremos de las precipitaciones, precipitación máxima-promedio-mínima que se ha producido en cada mes en los años de cada serie y Precipitaciones Máximas de las máximas obtenidas para cada serie de tiempo.

| CODIGO | ENT | ESTACION | PERIODO | n | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MAXIMO | PROMEDIO | MIN | MAX_MAX |
|----------|-----|---------------------|-----------|----|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--------|----------|------|------------|
| 24030260 | IDE | EL COCUY | 1958-2011 | 53 | 9,0 | 11,6 | 16,8 | 24,6 | 20,2 | 16,3 | 14,5 | 14,0 | 17,7 | 21,6 | 21,2 | 14,2 | 24,6 | 16,8 | 9,0 | 26,8004466 |
| 24030660 | IDE | EL MORTINO | 1974-2011 | 37 | 8,8 | 13,2 | 16,2 | 22,0 | 22,3 | 18,1 | 14,9 | 18,1 | 16,8 | 20,7 | 21,8 | 15,1 | 22,3 | 17,3 | 8,8 | 17,1287173 |
| 24035070 | IDE | GUICAN | 1991-2011 | 19 | 11,2 | 13,4 | 19,8 | 22,0 | 23,0 | 15,3 | 13,8 | 15,6 | 18,0 | 22,5 | 21,5 | 13,9 | 23,0 | 17,5 | 11,2 | 9,64268764 |
| 24035240 | IDE | SIERRA NEVADA COCUY | 1974-2010 | 37 | 7,5 | 9,5 | 13,2 | 20,2 | 21,3 | 16,3 | 15,0 | 15,2 | 18,0 | 20,2 | 20,3 | 13,4 | 21,3 | 15,9 | 7,5 | 16,5205413 |
| 24035310 | IDE | CHISCAS | 1959-2011 | 52 | 11,6 | 15,9 | 22,3 | 32,2 | 27,2 | 20,1 | 15,8 | 16,7 | 23,0 | 27,6 | 26,2 | 16,6 | 32,2 | 21,3 | 11,6 | 32,4019378 |
| 37045010 | IDE | SARAVENA | 1971-2011 | 36 | 22,8 | 27,8 | 33,4 | 81,5 | 79,5 | 71,4 | 62,7 | 62,6 | 74,8 | 74,2 | 46,1 | 46,3 | 81,5 | 56,9 | 22,8 | 65,9058791 |
| 37035010 | IDE | TUNEBIA | 1972-2011 | 38 | 43,3 | 50,7 | 60,0 | 86,2 | 103,3 | 102,1 | 116,4 | 116,7 | 100,6 | 85,9 | 70,5 | 63,5 | 116,7 | 83,3 | 43,3 | 90,9409363 |
| 37010050 | IDE | TABETA | 1979-2011 | 33 | 7,8 | 10,7 | 12,4 | 17,6 | 22,5 | 26,9 | 23,4 | 23,8 | 21,9 | 21,5 | 14,8 | 10,0 | 26,9 | 17,8 | 7,8 | 16,5505591 |
| 36030030 | IDE | MORICHAL | 1983-2011 | 25 | 19,4 | 36,4 | 43,0 | 67,7 | 83,9 | 78,6 | 72,1 | 74,4 | 64,4 | 84,3 | 60,7 | 35,7 | 84,3 | 60,0 | 19,4 | 44,0651127 |
| 36030040 | IDE | BANADIA | 1982-1993 | 10 | 25,5 | 31,6 | 12,3 | 33,6 | 64,2 | 39,1 | 56,4 | 45,4 | 54,0 | 50,4 | 39,4 | 31,4 | 64,2 | 40,3 | 12,3 | 12,5601959 |
| 36025010 | IDE | TAME | 1985-2011 | 21 | 15,4 | 28,7 | 37,4 | 63,1 | 75,2 | 70,0 | 66,4 | 65,9 | 50,2 | 66,1 | 44,8 | 21,7 | 75,2 | 50,4 | 15,4 | 34,9935059 |
| 36020030 | IDE | STA INES | 1985-2011 | 25 | 17,9 | 28,2 | 35,8 | 73,2 | 80,7 | 70,4 | 64,7 | 61,9 | 78,5 | 71,0 | 69,4 | 31,6 | 80,7 | 56,9 | 17,9 | 40,4687977 |
| 36020020 | IDE | LA CABUYA | 1984-2011 | 27 | 14,8 | 15,9 | 39,0 | 55,4 | 79,5 | 58,4 | 66,4 | 49,3 | 57,2 | 65,9 | 56,0 | 29,2 | 79,5 | 48,9 | 14,8 | 40,1868097 |
| 24030680 | IDE | EL PARAMO | 1974-2011 | 35 | 16,6 | 15,7 | 19,5 | 30,9 | 27,6 | 19,5 | 14,7 | 17,3 | 24,2 | 28,8 | 26,1 | 15,9 | 30,9 | 21,4 | 14,7 | 23,6914374 |
| 24030580 | IDE | JERICO | 1971-2011 | 40 | 8,7 | 15,6 | 21,6 | 32,0 | 32,7 | 20,7 | 16,3 | 16,9 | 24,3 | 31,3 | 32,6 | 17,7 | 32,7 | 22,5 | 8,7 | 28,9323474 |

Tabla 5 Precipitaciones Máximas en 24h para un T: 2.3 años

Fuente 8 El Autor

Como se dijo anteriormente, el modelo utilizado para la distribución de valores máximos, es el de Gumbel, con este método estadístico se obtuvo valores de precipitación máxima en 24 horas para los periodos de retorno de 2.3, 5, 10, 20, 25, 50, 100, y 200 años, conociendo una serie de datos de precipitaciones máximas en 24 horas, en los anexos se encuentra la información correspondiente a cada periodo de retorno.

En la figura 4, se tiene la localización geográfica de las 15 estaciones utilizadas para el estudio. Para fines de las salidas graficas se establece como sistema de coordenadas el Datum Magna Origen Bogotá.

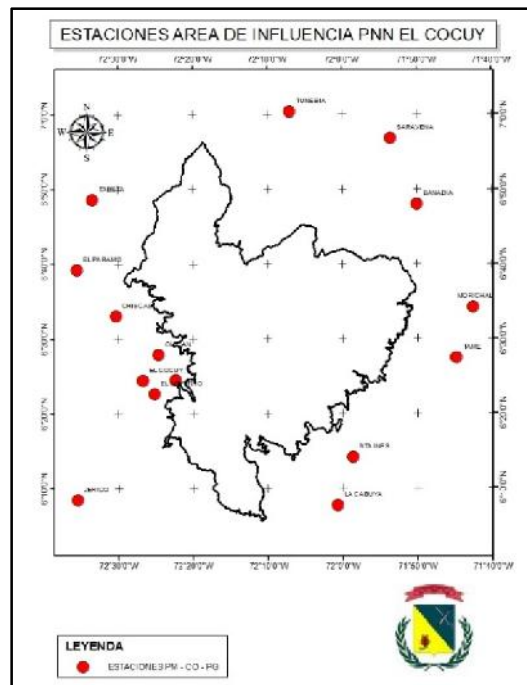


Figura 4 Localización Geográfica de las Estaciones

Fuente 9 El Autor

4. RESULTADOS Y ANALISIS

Las tablas 7 a la 13, nos muestra los resultados obtenidos de las series de precipitaciones iniciales, después del procesamiento de las mismas aplicando el método Gumbel, para los periodos de retorno establecidos (Ver anexos). Tabularmente se puede deducir que las precipitaciones mantienen una tendencia general homogénea, durante los distintos periodos de retorno, siendo los meses de Diciembre - Enero los más secos y los meses de Abril - Mayo los más lluviosos. La estación Tunebia es la que presenta las mayores precipitaciones en promedio anual, siendo esta la que se encuentra ubicada al costado norte del PNN El Cocuy en el Municipio de Cubará - Departamento de Boyacá, seguidas de las estaciones Morichal en el Municipio de Tame - Arauca y Saravena en el municipio de Saravena - Arauca, localizadas al costado oriental.

Análisis Tabular

De acuerdo a las lecturas de estas estaciones se puede explicar porque se presenta un régimen de lluvias mayor que al costado occidental, ya que este sector recibe de manera más directa los vientos alisios provenientes del NE y SE, que junto a sus masas de aire cálido chocan contra la cordillera, donde se condensan y precipitan al costado oriental de la misma, creando una sombra al costado occidental de la misma cordillera, determinando el régimen de las lluvias. En el costado oriental se encuentran los municipios de Cubará, Saravena, Fortul y Tame que presenta un gradiente el cual hace que la precipitación tenga tendencia a

disminuir a medida que asciende por la cordillera. También se debe tener en cuenta que la ZCIT cambia de posición en el transcurso del año, lo cual ocasionan estaciones de lluvia y sequía. Con lo anteriormente explicado, la cantidad de lluvia que se precipita sobre el área de influencia del Parque Nacional Natural del Cocuy, depende de la posición geográfica que tenga con respecto a la cordillera, su altitud y los movimientos de masas de aire locales.

Del NE los vientos alisios presentan una carga baja de humedad, comportamiento debido a que en época de invierno del hemisferio norte el aire viene frío. Hacia las sabanas la precipitación varía, de tal manera que ascendiendo se tiene la zona más lluviosa de ese costado, fenómeno ocurrido debido a que los vientos alisios corren a baja altura y cargados de humedad que se precipita al subir la montaña.

También cabe resaltar que el PNN El Cocuy presenta Bosque Nublado Alto Andino, los cuales vienen cargados de humedades altas. Y ya en los páramos los valores tienden a ser bajos, ya que el aire a baja temperatura pierde su capacidad de retener el vapor de agua.

Las estaciones que presentan menos precipitación en promedio anual son la Sierra Nevada El Cocuy, El Mortiño, Güicán y El Cocuy ubicadas en los municipios de Güicán y El Cocuy - Departamento de Boyacá. Las estaciones se encuentran al costado occidental del PNN El Cocuy y bastante cerca de la zona Glaciar del PNN (Ver figura 5), lo cual explicaría las bajas precipitaciones en ese sector ya que este no recibe la influencia directa de los vientos alisios.

De esta manera se podría decir que al costado occidental las diferencias en las lecturas pluviométricas están ligadas a la altitud, topografía, los movimientos locales de aire y por otra parte en menor proporción por el efecto del valle transversal cuando el viento se encañona en el valle con una acción de barrido que provoca una humedad menor en las zonas más bajas y ladera.

El costado occidental es bimodal por el movimiento de la zona de confluencia intertropical ZCIT. Los periodos de lluvias se dan entre los meses de abril a mayo y de septiembre a octubre, cuando la ZCIT está pasando por ese sector. Los tiempos secos se dan entre diciembre a marzo y de junio a julio, cuando la ZCIT está en su posición más meridional y septentrional respectivamente.

Así que a medida que se acerca hacia el cañón de Chicamocha, ubicado más al occidente del PNN El Cocuy, la tendencia es a que se den precipitaciones bajas. (*Información general obtenida del análisis climático realizado por OIKOS-INSAT (2002) e IGA-EPAM (2002) - Plan de Manejo PNN El Cocuy*) [1] (Ver tablas 6 -12)

Para un periodo de retorno (T) de 10 años se obtuvo la siguiente tabla resumen:

| CODIGO | ENT | ESTACION | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MAXIMO | PROMEDIO | MIN | MAX_MAX |
|----------|-----|---------------------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|------|------------|
| 24030260 | IDE | EL COCUY | 19,7 | 23,1 | 32,0 | 44,7 | 31,3 | 25,5 | 26,8 | 25,0 | 30,1 | 36,0 | 35,6 | 27,1 | 44,7 | 29,7 | 19,7 | 54,7452402 |
| 24030660 | IDE | EL MORTINO | 18,7 | 24,2 | 26,7 | 36,4 | 34,9 | 26,9 | 23,0 | 30,6 | 25,9 | 32,2 | 31,5 | 26,1 | 36,4 | 28,1 | 18,7 | 42,1271993 |
| 24035070 | IDE | GUICAN | 25,9 | 25,0 | 30,0 | 36,3 | 32,8 | 24,1 | 21,8 | 25,2 | 28,9 | 33,9 | 36,5 | 25,3 | 36,5 | 28,8 | 21,8 | 31,8461762 |
| 24035240 | IDE | SIERRA NEVADA COCUY | 17,6 | 18,6 | 25,8 | 34,9 | 34,5 | 25,3 | 24,2 | 27,1 | 30,2 | 37,1 | 32,5 | 25,6 | 37,1 | 27,8 | 17,6 | 41,7523799 |
| 24035310 | IDE | CHISCAS | 24,5 | 32,6 | 42,2 | 63,6 | 46,3 | 33,3 | 27,2 | 28,4 | 37,1 | 40,9 | 41,6 | 31,9 | 63,6 | 37,5 | 24,5 | 68,8016466 |
| 37045010 | IDE | SARAVENA | 63,5 | 67,9 | 68,4 | 155,5 | 134,3 | 114,6 | 97,8 | 99,0 | 122,3 | 114,5 | 77,5 | 85,3 | 155,5 | 100,0 | 63,5 | 163,970518 |
| 37035010 | IDE | TUNEBIA | 85,3 | 104,4 | 98,4 | 137,4 | 151,0 | 154,5 | 201,0 | 182,7 | 169,5 | 141,6 | 118,3 | 119,1 | 201,0 | 138,6 | 85,3 | 221,870834 |
| 37010050 | IDE | TABETA | 15,1 | 21,3 | 20,8 | 29,9 | 34,5 | 42,8 | 35,8 | 48,4 | 35,3 | 33,8 | 24,5 | 17,9 | 48,4 | 30,0 | 15,1 | 46,4027134 |
| 36030030 | IDE | MORICHAL | 55,5 | 100,7 | 96,5 | 118,3 | 141,9 | 137,6 | 125,2 | 143,2 | 117,5 | 144,2 | 121,3 | 90,1 | 144,2 | 116,0 | 55,5 | 132,316093 |
| 36030040 | IDE | BANADIA | 69,9 | 57,1 | 29,4 | 66,6 | 108,4 | 74,0 | 98,5 | 77,4 | 98,9 | 95,4 | 66,6 | 46,1 | 108,4 | 74,0 | 29,4 | 56,1322871 |
| 36025010 | IDE | TAME | 52,2 | 85,4 | 86,8 | 109,6 | 109,6 | 117,7 | 111,3 | 101,2 | 81,1 | 111,5 | 86,4 | 58,3 | 117,7 | 92,6 | 52,2 | 107,822803 |
| 36020030 | IDE | STA INES | 47,7 | 73,6 | 60,9 | 120,9 | 123,3 | 95,8 | 105,6 | 98,0 | 119,9 | 110,4 | 121,8 | 68,7 | 123,3 | 95,5 | 47,7 | 121,81661 |
| 36020020 | IDE | LA CABUYA | 40,7 | 38,5 | 84,7 | 98,4 | 123,5 | 93,5 | 112,9 | 78,1 | 89,5 | 101,0 | 91,1 | 62,0 | 123,5 | 84,5 | 38,5 | 116,048245 |
| 24030680 | IDE | EL PARAMO | 52,5 | 28,9 | 34,1 | 52,3 | 43,7 | 33,2 | 24,0 | 29,5 | 37,6 | 44,5 | 47,9 | 30,7 | 52,5 | 38,2 | 24,0 | 63,1938612 |
| 24030580 | IDE | JERICO | 18,1 | 30,8 | 40,2 | 52,9 | 61,5 | 35,8 | 29,5 | 29,6 | 40,8 | 52,8 | 62,5 | 33,6 | 62,5 | 40,7 | 18,1 | 70,3630718 |

Tabla 7 Precipitaciones Máximas en 24h para un T: 10 años

Fuente 11 El Autor

Para un periodo de retorno (T) de 20 años se obtuvo la siguiente tabla resumen:

| CODIGO | ENT | ESTACION | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MAXIMO | PROMEDIO | MIN | MAX_MAX |
|----------|-----|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|-------|------------|
| 24030260 | IDE | EL COCUY | 24,3 | 28,0 | 38,5 | 53,4 | 36,1 | 29,5 | 32,1 | 29,7 | 35,5 | 42,2 | 41,7 | 32,7 | 53,4 | 35,3 | 24,3 | 66,7775976 |
| 24030660 | IDE | EL MORTINO | 23,0 | 28,9 | 31,2 | 42,6 | 40,3 | 30,7 | 26,5 | 35,9 | 29,8 | 37,1 | 35,7 | 30,8 | 42,6 | 32,7 | 23,0 | 52,8909457 |
| 24035070 | IDE | GUICAN | 32,3 | 29,9 | 34,4 | 42,4 | 37,0 | 28,0 | 25,2 | 29,3 | 33,5 | 38,7 | 42,9 | 30,2 | 42,9 | 33,7 | 25,2 | 41,4064654 |
| 24035240 | IDE | SIERRA NEVADA COCUY | 21,9 | 22,5 | 31,3 | 41,2 | 40,1 | 29,2 | 28,2 | 32,2 | 35,5 | 44,3 | 37,8 | 30,8 | 44,3 | 32,9 | 21,9 | 52,6166041 |
| 24035310 | IDE | CHISCAS | 30,1 | 39,8 | 50,8 | 77,2 | 54,5 | 38,9 | 32,1 | 33,4 | 43,1 | 46,6 | 48,2 | 38,5 | 77,2 | 44,4 | 30,1 | 84,474876 |
| 37045010 | IDE | SARAVENA | 81,1 | 85,2 | 83,4 | 187,3 | 157,8 | 133,1 | 112,9 | 114,7 | 142,7 | 131,9 | 91,0 | 102,1 | 187,3 | 118,6 | 81,1 | 206,194798 |
| 37035010 | IDE | TUNEBIA | 103,5 | 127,5 | 114,9 | 159,5 | 171,5 | 177,1 | 237,4 | 211,1 | 199,1 | 165,5 | 138,9 | 143,0 | 237,4 | 162,4 | 103,5 | 278,246105 |
| 37010050 | IDE | TABETA | 18,3 | 25,9 | 24,5 | 35,2 | 39,7 | 49,7 | 41,1 | 59,1 | 41,1 | 39,1 | 28,6 | 21,3 | 59,1 | 35,3 | 18,3 | 59,2563345 |
| 36030030 | IDE | MORICHAL | 71,1 | 128,3 | 119,5 | 140,1 | 166,9 | 163,0 | 148,0 | 172,9 | 140,3 | 170,0 | 147,4 | 113,5 | 172,9 | 140,1 | 71,1 | 170,314848 |
| 36030040 | IDE | BANADIA | 89,0 | 68,0 | 36,8 | 80,8 | 127,4 | 89,1 | 116,7 | 91,2 | 118,2 | 114,7 | 78,3 | 52,4 | 127,4 | 88,5 | 36,8 | 74,8933839 |
| 36025010 | IDE | TAME | 68,1 | 109,8 | 108,1 | 129,6 | 124,3 | 138,2 | 130,6 | 116,4 | 94,4 | 131,0 | 104,3 | 74,1 | 138,2 | 110,7 | 68,1 | 139,18135 |
| 36020030 | IDE | STA INES | 60,6 | 93,2 | 71,6 | 141,4 | 141,7 | 106,7 | 123,3 | 113,5 | 137,7 | 127,4 | 144,3 | 84,6 | 144,3 | 112,2 | 60,6 | 156,843026 |
| 36020020 | IDE | LA CABUYA | 51,9 | 48,2 | 104,4 | 116,9 | 142,4 | 108,6 | 132,9 | 90,6 | 103,5 | 116,1 | 106,3 | 76,1 | 142,4 | 99,8 | 48,2 | 148,712359 |
| 24030680 | IDE | EL PARAMO | 67,9 | 34,6 | 40,4 | 61,5 | 50,6 | 39,1 | 28,0 | 34,8 | 43,4 | 51,3 | 57,3 | 37,1 | 67,9 | 45,5 | 28,0 | 80,2026568 |
| 24030580 | IDE | JERICO | 22,2 | 37,4 | 48,3 | 62,0 | 73,9 | 42,3 | 35,2 | 35,1 | 47,9 | 62,0 | 75,3 | 40,4 | 75,3 | 48,5 | 22,2 | 88,2021474 |

Tabla 8 Precipitaciones Máximas en 24h para un T: 20años

Fuente 12 El Autor

Para un periodo de retorno (T) de 25 años se obtuvo la siguiente tabla resumen:

| CODIGO | ENT | ESTACION | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MAXIMO | PROMEDIO | MIN | MAX_MAX |
|----------|-----|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|-------|------------|
| 24030260 | IDE | EL COCUY | 25,8 | 29,5 | 40,6 | 56,1 | 37,6 | 30,7 | 33,8 | 31,2 | 37,2 | 44,1 | 43,7 | 34,4 | 56,1 | 37,1 | 25,8 | 70,5944218 |
| 24030660 | IDE | EL MORTINO | 24,4 | 30,4 | 32,7 | 44,5 | 42,1 | 31,9 | 27,6 | 37,6 | 31,1 | 38,7 | 37,0 | 32,3 | 44,5 | 34,2 | 24,4 | 56,3053495 |
| 24035070 | IDE | GUICAN | 34,3 | 31,5 | 35,8 | 44,4 | 38,3 | 29,2 | 26,3 | 30,6 | 35,0 | 40,3 | 44,9 | 31,8 | 44,9 | 35,2 | 26,3 | 44,4391166 |
| 24035240 | IDE | SIERRA NEVADA COCUY | 23,2 | 23,7 | 33,0 | 43,3 | 41,9 | 30,5 | 29,4 | 33,8 | 37,2 | 46,6 | 39,5 | 32,4 | 46,6 | 34,5 | 23,2 | 56,0628808 |
| 24035310 | IDE | CHISCAS | 31,8 | 42,1 | 53,5 | 81,5 | 57,2 | 40,7 | 33,7 | 35,0 | 45,0 | 48,4 | 50,3 | 40,6 | 81,5 | 46,7 | 31,8 | 89,4461217 |
| 37045010 | IDE | SARAVENA | 86,6 | 90,7 | 88,2 | 197,4 | 165,3 | 139,0 | 117,7 | 119,7 | 149,2 | 137,4 | 95,3 | 107,4 | 197,4 | 124,5 | 86,6 | 219,588903 |
| 37035010 | IDE | TUNEBIA | 109,2 | 134,8 | 120,1 | 166,5 | 178,1 | 184,3 | 249,0 | 220,1 | 208,5 | 173,1 | 145,4 | 150,6 | 249,0 | 170,0 | 109,2 | 296,129093 |
| 37010050 | IDE | TABETA | 19,3 | 27,3 | 25,6 | 36,8 | 41,3 | 51,8 | 42,8 | 62,4 | 42,9 | 40,8 | 30,0 | 22,4 | 62,4 | 37,0 | 19,3 | 63,3336745 |
| 36030030 | IDE | MORICHAL | 76,0 | 137,1 | 126,8 | 147,0 | 174,8 | 171,1 | 155,3 | 182,3 | 147,6 | 178,2 | 155,6 | 121,0 | 182,3 | 147,7 | 76,0 | 182,368559 |
| 36030040 | IDE | BANADIA | 95,1 | 71,5 | 39,1 | 85,3 | 133,4 | 93,8 | 122,4 | 95,5 | 124,3 | 120,9 | 82,0 | 54,4 | 133,4 | 93,2 | 39,1 | 80,8446538 |
| 36025010 | IDE | TAME | 73,2 | 117,5 | 114,8 | 135,9 | 129,0 | 144,7 | 136,7 | 121,2 | 98,6 | 137,2 | 110,0 | 79,1 | 144,7 | 116,5 | 73,2 | 149,128699 |
| 36020030 | IDE | STA INES | 64,7 | 99,4 | 75,0 | 147,9 | 147,5 | 110,2 | 128,8 | 118,4 | 143,3 | 132,7 | 151,5 | 89,7 | 151,5 | 117,4 | 64,7 | 167,953872 |
| 36020020 | IDE | LA CABUYA | 55,5 | 51,3 | 110,6 | 122,8 | 148,4 | 113,4 | 139,3 | 94,5 | 107,9 | 120,9 | 111,1 | 80,6 | 148,4 | 104,7 | 51,3 | 159,073851 |
| 24030680 | IDE | EL PARAMO | 72,8 | 36,4 | 42,4 | 64,4 | 52,9 | 41,0 | 29,2 | 36,5 | 45,3 | 53,5 | 60,3 | 39,1 | 72,8 | 47,8 | 29,2 | 85,5980735 |
| 24030580 | IDE | JERICO | 23,5 | 39,5 | 50,8 | 64,8 | 77,9 | 44,3 | 37,0 | 36,8 | 50,2 | 65,0 | 79,4 | 42,6 | 79,4 | 51,0 | 23,5 | 93,860094 |

Tabla 9 Precipitaciones Máximas en 24h para un T: 25 años

Fuente 13 El Autor

Para un periodo de retorno (T) de 50 años se obtuvo la siguiente tabla resumen:

| CODIGO | ENT | ESTACION | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MAXIMO | PROMEDIO | MIN | MAX_MAX |
|----------|-----|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|-------|------------|
| 24030260 | IDE | EL COCUY | 30,3 | 34,4 | 46,9 | 64,6 | 42,3 | 34,6 | 39,0 | 35,8 | 42,4 | 50,2 | 49,7 | 39,9 | 64,6 | 42,5 | 30,3 | 82,352502 |
| 24030660 | IDE | EL MORTINO | 28,6 | 35,1 | 37,1 | 50,6 | 47,4 | 35,7 | 31,1 | 42,9 | 34,9 | 43,5 | 41,1 | 37,0 | 50,6 | 38,7 | 28,6 | 66,8235113 |
| 24035070 | IDE | GUICAN | 40,5 | 36,4 | 40,1 | 50,4 | 42,4 | 32,9 | 29,7 | 34,7 | 39,6 | 45,1 | 51,2 | 36,6 | 51,2 | 40,0 | 29,7 | 53,7812793 |
| 24035240 | IDE | SIERRA NEVADA COCUY | 27,5 | 27,5 | 38,3 | 49,4 | 47,5 | 34,2 | 33,3 | 38,8 | 42,3 | 53,7 | 44,6 | 37,5 | 53,7 | 39,6 | 27,5 | 66,6792278 |
| 24035310 | IDE | CHISCAS | 37,3 | 49,1 | 61,9 | 94,7 | 65,2 | 46,3 | 38,5 | 39,9 | 51,0 | 54,0 | 56,8 | 47,0 | 94,7 | 53,5 | 37,3 | 104,761373 |
| 37045010 | IDE | SARAVENA | 103,8 | 107,6 | 102,9 | 228,6 | 188,4 | 157,2 | 132,5 | 135,0 | 169,2 | 154,4 | 108,5 | 123,8 | 228,6 | 142,6 | 102,9 | 260,849798 |
| 37035010 | IDE | TUNEBIA | 126,9 | 157,4 | 136,3 | 188,0 | 198,1 | 206,3 | 284,6 | 247,8 | 237,5 | 196,5 | 165,6 | 173,9 | 284,6 | 193,2 | 126,9 | 351,218112 |
| 37010050 | IDE | TABETA | 22,4 | 31,8 | 29,2 | 42,0 | 46,4 | 58,5 | 48,0 | 72,8 | 48,6 | 46,0 | 34,0 | 25,7 | 72,8 | 42,1 | 22,4 | 75,8940287 |
| 36030030 | IDE | MORICHAL | 91,2 | 164,2 | 149,3 | 168,3 | 199,2 | 195,9 | 177,6 | 211,3 | 169,9 | 203,5 | 181,1 | 143,9 | 211,3 | 171,3 | 91,2 | 219,500338 |
| 36030040 | IDE | BANADIA | 113,8 | 82,2 | 46,3 | 99,2 | 152,0 | 108,5 | 140,1 | 109,0 | 143,2 | 139,8 | 93,4 | 60,6 | 152,0 | 107,4 | 46,3 | 99,1776992 |
| 36025010 | IDE | TAME | 88,7 | 141,4 | 135,6 | 155,5 | 143,5 | 164,8 | 155,6 | 136,1 | 111,6 | 156,3 | 127,5 | 94,5 | 164,8 | 134,2 | 88,7 | 179,771773 |
| 36020030 | IDE | STA INES | 77,2 | 118,5 | 85,6 | 168,0 | 165,4 | 120,9 | 146,1 | 133,6 | 160,7 | 149,3 | 173,5 | 105,2 | 173,5 | 133,7 | 77,2 | 202,181129 |
| 36020020 | IDE | LA CABUYA | 66,4 | 60,8 | 129,8 | 140,9 | 166,9 | 128,2 | 158,9 | 106,7 | 121,5 | 135,6 | 125,9 | 94,4 | 166,9 | 119,7 | 60,8 | 190,992703 |
| 24030680 | IDE | EL PARAMO | 88,0 | 41,9 | 48,5 | 73,4 | 59,6 | 46,7 | 33,2 | 41,6 | 50,9 | 60,1 | 69,5 | 45,3 | 88,0 | 54,9 | 33,2 | 102,716798 |
| 24030580 | IDE | JERICO | 27,5 | 45,9 | 58,7 | 73,6 | 90,0 | 50,7 | 42,6 | 42,1 | 57,2 | 74,0 | 92,0 | 49,3 | 92,0 | 58,6 | 27,5 | 111,293001 |

Tabla 10 Precipitaciones Máximas en 24h para un T: 50 años

Fuente 14 El Autor

Para un periodo de retorno (T) de 100 años se obtuvo la siguiente tabla resumen:

| CODIGO | ENT | ESTACION | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MAXIMO | PROMEDIO | MIN | MAX_MAX |
|----------|-----|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|-------|------------|
| 24030260 | IDE | EL COCUY | 34,8 | 39,1 | 53,3 | 73,0 | 46,9 | 38,5 | 44,1 | 40,4 | 47,6 | 56,2 | 55,7 | 45,2 | 73,0 | 47,9 | 34,8 | 94,0232606 |
| 24030660 | IDE | EL MORTINO | 32,7 | 39,6 | 41,5 | 56,6 | 52,6 | 39,4 | 34,4 | 48,1 | 38,7 | 48,3 | 45,2 | 41,6 | 56,6 | 43,2 | 32,7 | 77,2640086 |
| 24035070 | IDE | GUICAN | 46,7 | 41,2 | 44,4 | 56,3 | 46,5 | 36,6 | 33,0 | 38,7 | 44,1 | 49,8 | 57,5 | 41,3 | 57,5 | 44,7 | 33,0 | 63,0544609 |
| 24035240 | IDE | SIERRA NEVADA COCUY | 31,6 | 31,3 | 43,6 | 55,6 | 53,0 | 38,0 | 37,2 | 43,7 | 47,5 | 60,7 | 49,7 | 42,6 | 60,7 | 44,5 | 31,3 | 77,2171855 |
| 24035310 | IDE | CHISCAS | 42,7 | 56,1 | 70,2 | 107,8 | 73,2 | 51,8 | 43,3 | 44,8 | 56,8 | 59,6 | 63,3 | 53,4 | 107,8 | 60,2 | 42,7 | 119,963538 |
| 37045010 | IDE | SARAVENA | 120,8 | 124,3 | 117,4 | 259,5 | 211,2 | 175,2 | 147,1 | 150,3 | 189,0 | 171,2 | 121,6 | 140,1 | 259,5 | 160,6 | 117,4 | 301,806029 |
| 37035010 | IDE | TUNEBIA | 144,5 | 179,8 | 152,3 | 209,4 | 218,1 | 228,2 | 319,9 | 275,4 | 266,3 | 219,7 | 185,5 | 197,1 | 319,9 | 216,3 | 144,5 | 405,900362 |
| 37010050 | IDE | TABETA | 25,4 | 36,2 | 32,7 | 47,1 | 51,4 | 65,2 | 53,1 | 83,1 | 54,2 | 51,2 | 38,1 | 29,0 | 83,1 | 47,2 | 25,4 | 88,3616392 |
| 36030030 | IDE | MORICHAL | 106,3 | 191,0 | 171,6 | 189,4 | 223,5 | 220,6 | 199,8 | 240,0 | 192,1 | 228,5 | 206,4 | 166,6 | 240,0 | 194,6 | 106,3 | 256,357941 |
| 36030040 | IDE | BANADIA | 132,4 | 92,9 | 53,5 | 113,0 | 170,5 | 123,1 | 157,7 | 122,4 | 161,9 | 158,6 | 104,8 | 66,7 | 170,5 | 121,4 | 53,5 | 117,375376 |
| 36025010 | IDE | TAME | 104,1 | 165,1 | 156,2 | 174,9 | 157,8 | 184,7 | 174,3 | 150,8 | 124,5 | 175,2 | 144,9 | 109,8 | 184,7 | 151,9 | 104,1 | 210,188583 |
| 36020030 | IDE | STA INES | 89,7 | 137,5 | 96,0 | 187,9 | 183,2 | 131,5 | 163,2 | 148,7 | 178,0 | 165,8 | 195,4 | 120,7 | 195,4 | 149,8 | 89,7 | 236,155657 |
| 36020020 | IDE | LA CABUYA | 77,3 | 70,2 | 148,9 | 158,8 | 185,3 | 142,8 | 178,3 | 118,7 | 135,0 | 150,2 | 140,6 | 108,1 | 185,3 | 134,5 | 70,2 | 222,675872 |
| 24030680 | IDE | EL PARAMO | 102,9 | 47,4 | 54,6 | 82,3 | 66,4 | 52,5 | 37,1 | 46,8 | 56,5 | 66,7 | 78,6 | 51,5 | 102,9 | 61,9 | 37,1 | 118,716798 |
| 24030580 | IDE | JERICO | 31,4 | 52,2 | 66,5 | 82,4 | 102,0 | 57,0 | 48,1 | 47,4 | 64,1 | 82,9 | 104,4 | 55,9 | 104,4 | 66,2 | 31,4 | 128,596346 |

Tabla 11 Precipitaciones Máximas en 24h para un T: 100 años

Fuente 15 El Autor

Para un periodo de retorno (T) de 200 años se obtuvo la siguiente tabla resumen:

| CODIGO | ENT | ESTACION | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | MAXIMO | PROMEDIO | MIN | MAX_MAX |
|----------|-----|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|-------|------------|
| 24030260 | IDE | EL COCUY | 39,2 | 43,9 | 59,6 | 81,3 | 51,5 | 42,3 | 49,2 | 44,9 | 52,8 | 62,2 | 61,7 | 50,6 | 81,3 | 53,3 | 39,2 | 105,651685 |
| 24030660 | IDE | EL MORTINO | 36,9 | 44,2 | 45,8 | 62,6 | 57,9 | 43,0 | 37,8 | 53,2 | 42,4 | 53,1 | 49,2 | 46,1 | 62,6 | 47,7 | 36,9 | 87,6664103 |
| 24035070 | IDE | GUICAN | 52,8 | 46,0 | 48,6 | 62,3 | 50,5 | 40,3 | 36,3 | 42,7 | 48,6 | 54,5 | 63,7 | 46,0 | 63,7 | 49,4 | 36,3 | 72,2938062 |
| 24035240 | IDE | SIERRA NEVADA COCUY | 35,8 | 35,1 | 48,9 | 61,7 | 58,4 | 41,7 | 41,0 | 48,7 | 52,5 | 67,7 | 54,8 | 47,7 | 67,7 | 49,5 | 35,1 | 87,7166918 |
| 24035310 | IDE | CHISCAS | 48,0 | 63,0 | 78,5 | 120,9 | 81,1 | 57,2 | 48,0 | 49,6 | 62,7 | 65,1 | 69,7 | 59,8 | 120,9 | 67,0 | 48,0 | 135,110234 |
| 37045010 | IDE | SARAVENA | 137,7 | 141,0 | 132,0 | 290,3 | 234,0 | 193,1 | 161,7 | 165,4 | 208,8 | 188,0 | 134,7 | 156,3 | 290,3 | 178,6 | 132,0 | 342,612817 |
| 37035010 | IDE | TUNEBIA | 162,0 | 202,1 | 168,3 | 230,7 | 237,9 | 250,0 | 355,1 | 302,8 | 294,9 | 242,9 | 205,4 | 220,2 | 355,1 | 239,4 | 162,0 | 460,383086 |
| 37010050 | IDE | TABETA | 28,5 | 40,6 | 36,2 | 52,2 | 56,4 | 71,8 | 58,3 | 93,3 | 59,8 | 56,3 | 42,1 | 32,3 | 93,3 | 52,3 | 28,5 | 100,783758 |
| 36030030 | IDE | MORICHAL | 121,3 | 217,8 | 193,8 | 210,5 | 247,6 | 245,1 | 221,9 | 268,7 | 214,2 | 253,4 | 231,6 | 189,2 | 268,7 | 217,9 | 121,3 | 293,081057 |
| 36030040 | IDE | BANADIA | 150,9 | 103,5 | 60,6 | 126,8 | 188,8 | 137,6 | 175,2 | 135,7 | 180,5 | 177,3 | 116,1 | 72,8 | 188,8 | 135,5 | 60,6 | 135,506653 |
| 36025010 | IDE | TAME | 119,5 | 188,7 | 176,8 | 194,2 | 172,1 | 204,5 | 193,0 | 165,5 | 137,3 | 194,1 | 162,2 | 125,0 | 204,5 | 169,4 | 119,5 | 240,494407 |
| 36020030 | IDE | STA INES | 102,1 | 156,4 | 106,4 | 207,7 | 200,9 | 142,0 | 180,2 | 163,7 | 195,1 | 182,2 | 217,2 | 136,1 | 217,2 | 165,8 | 102,1 | 270,006217 |
| 36020020 | IDE | LA CABUYA | 88,1 | 79,6 | 167,9 | 176,7 | 203,6 | 157,4 | 197,6 | 130,7 | 148,4 | 164,8 | 155,2 | 121,8 | 203,6 | 149,3 | 79,6 | 254,243434 |
| 24030680 | IDE | EL PARAMO | 117,9 | 52,9 | 60,7 | 91,2 | 73,1 | 58,2 | 40,9 | 51,9 | 62,1 | 73,2 | 87,7 | 57,7 | 117,9 | 69,0 | 40,9 | 135,154599 |
| 24030580 | IDE | JERICO | 35,3 | 58,5 | 74,3 | 91,1 | 114,0 | 63,2 | 53,6 | 52,7 | 70,9 | 91,9 | 116,9 | 62,5 | 116,9 | 73,7 | 35,3 | 145,836555 |

Tabla 12 . Precipitaciones Máximas en 24h para un T: 200 años

Fuente 16 El Autor

Análisis Espacial

Se obtuvieron distintos registros estadísticos de precipitaciones máximas en 24h, para los periodos de retorno descritos anteriormente, lo cual es suficiente para mirar espacialmente como es la distribución espacial de las mismas, a lo largo de la zona de influencia. Para ello, se ha empleado el método estadístico IDW [5] inmerso en ArcGIS, siendo este método el que mejores resultados aporta. Desde el punto de vista metodológico cada valor tiene una correspondencia determinada con un punto, el cual influye sobre los demás de forma local y disminuye de manera proporcional con la distancia. Por ser un método bastante acertado y que se ajusta a la localización de los datos, genera a veces círculos concéntricos, a los cuales se les llama “ojos de toro”, que gradúan los cambios drásticos de valores. Eso se verá en las gráficas obtenidas de las precipitaciones por cada periodo de retorno, basándonos en las tablas resumen de precipitaciones (Figuras 7 - 10).

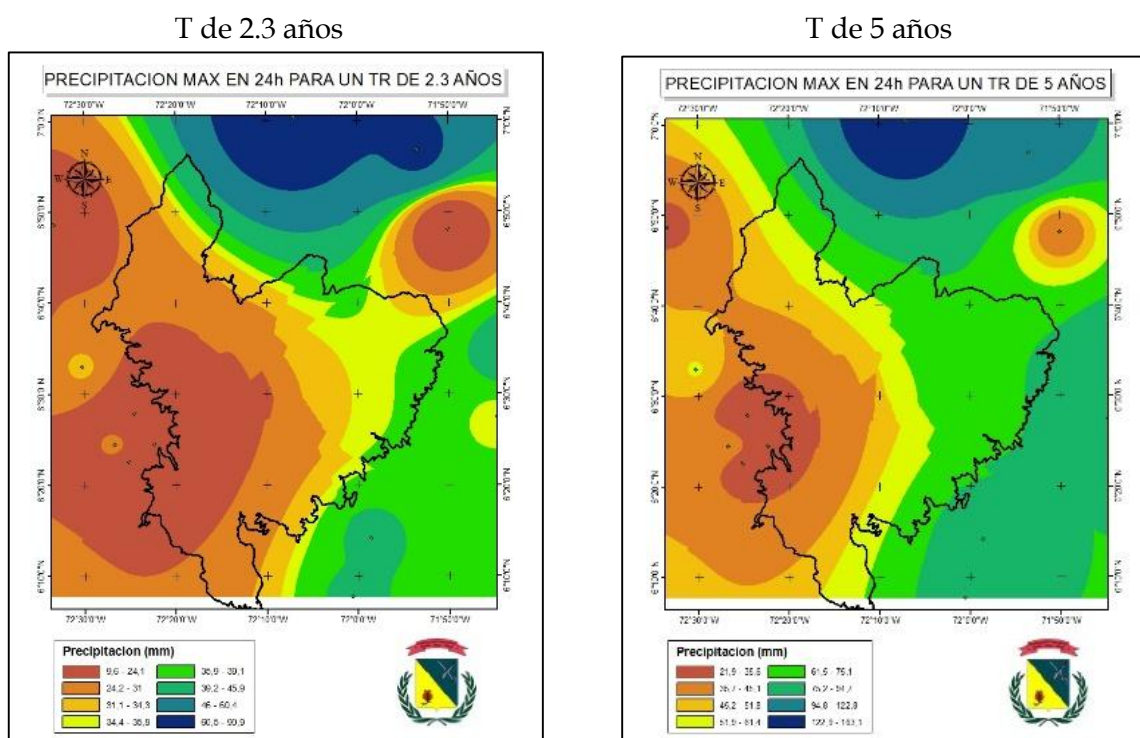
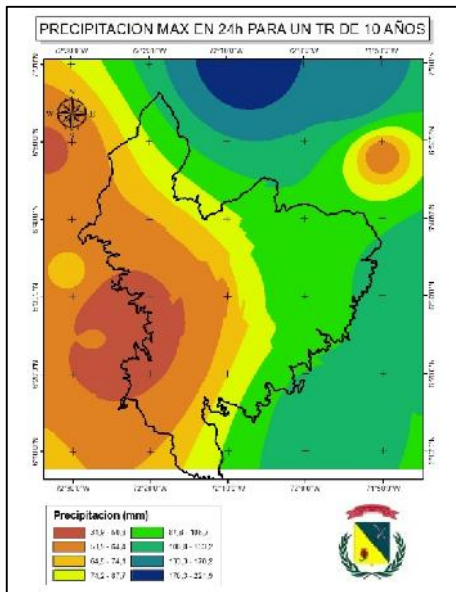


Figura 7 Distribución espacial de las precipitaciones para T de 2.3 y 5 años

Fuente 17 El Autor

Para un T de 2.3 y 5 años, se puede analizar espacialmente que la tendencia a bajas precipitaciones máximas en 24h, se da al costado occidental, tal cual como lo expone OIKOS-INSAT (2002) e IGA-EPAM (2002), se tiene un incremento a medida que se avanza hacia el costado oriental. Dicha tendencia es debida a lo expuesto anteriormente por causa de los vientos Alisios proveniente del NE. Existen variaciones entre ambos periodos, pero con una tendencia similar, donde para un T de 2 años, se tienen menores precipitaciones que para un T de 5 años.

T de 10 años



T de 20 años

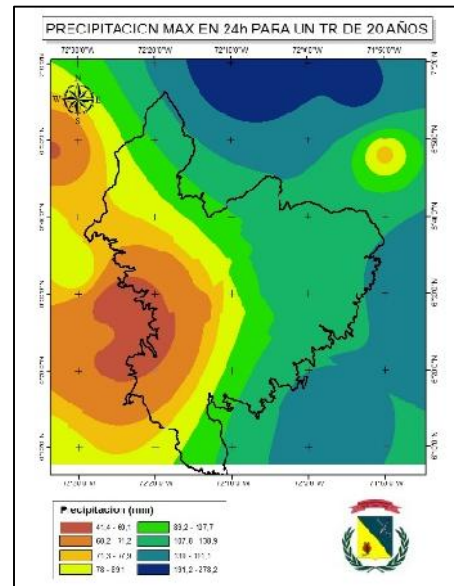
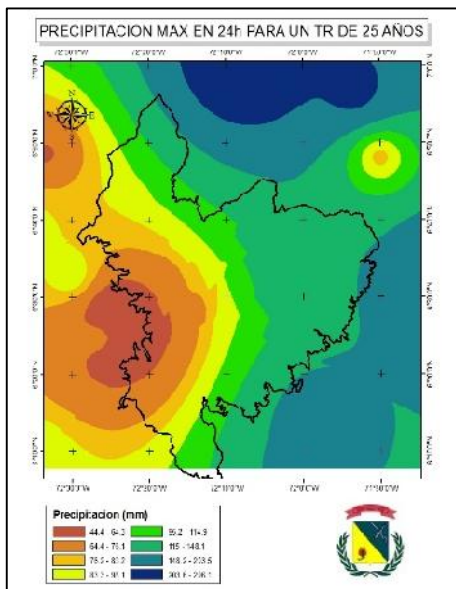


Figura 8 Distribución espacial de las precipitaciones para T de 10 y 20 años

Fuente 18 El Autor

Para los T de 10 años y 20 años se obtiene, tendencias similares a las anteriores, aunque con un incremento relativamente moderado para T: 20 años, pero manteniendo el sector Oriental como el que más precipitaciones presenta, y el occidental el menor.

T de 25 años



T de 50 años

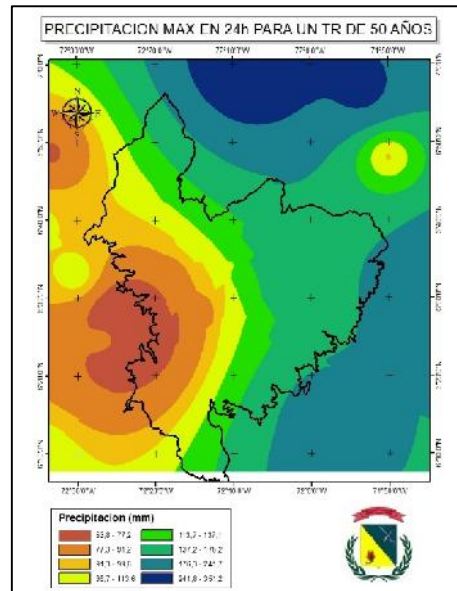
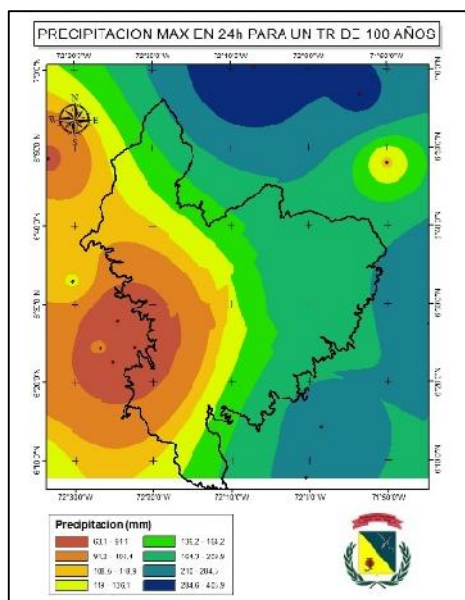


Figura 9 Distribución espacial de las precipitaciones para T de 25 y 50 años

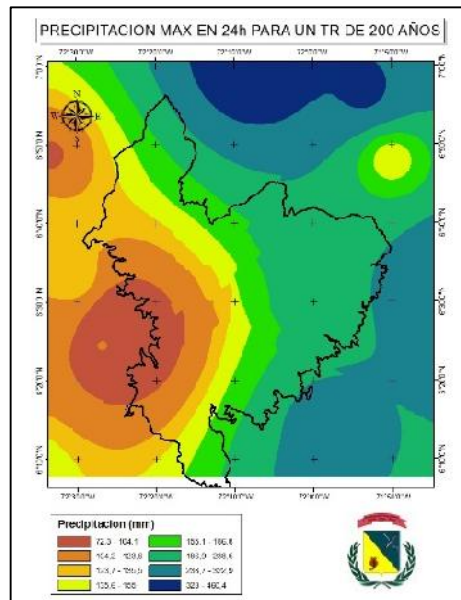
Fuente 19 El Autor

Para un T de 25 años no se evidencia un cambio notorio con respecto al T de 20 años, manteniendo la misma tendencia de régimen de lluvias, en cuanto para un T de 50 años, se observa un ligero cambio, donde se reducen las precipitaciones al costado occidental, mientras que al costado oriental se reducen al costado de la masa glaciar.

T de 100 años



T de 200 años



T 50 años con Kriging

T 50 años con Natural Neighbor

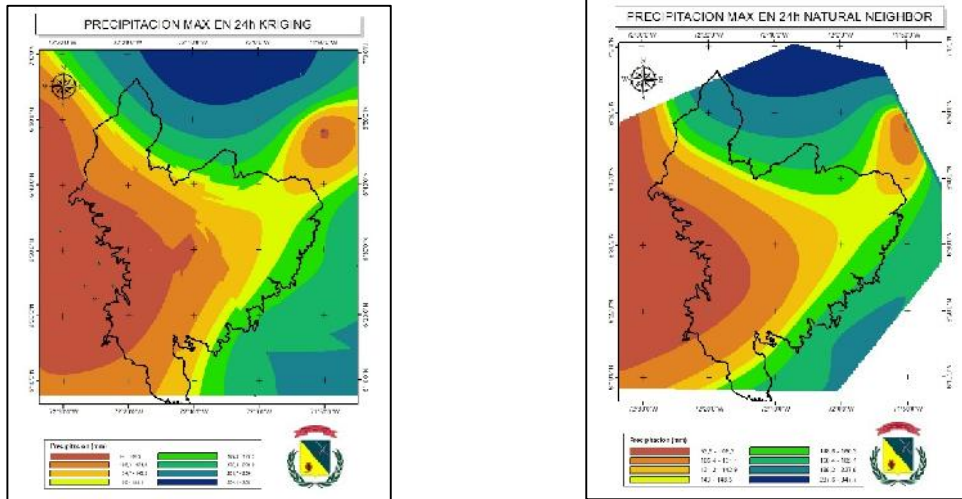


Figura 11 Distribución espacial de las precipitaciones para T de 50 años, mediante Kriging y Natural Neighbor

Fuente 21 El Autor

Al emplear ambos métodos y compararlos con IDW, se puede deducir que el método de Kriging y Vecino Natural suavizan los campos y no ofrecen resultados muy verídicos, perdiendo los valores extremos, que son de suma importancia para ver el comportamiento a lo largo de la extensión del área de influencia. Al observar los datos tabulares y revisarlos con la distribución espacial de los mismos, con ambos métodos, se ve que el resultado obtenido no es muy confiable ya que hay tendencia a presentarse bajas precipitaciones al costado oriental, con crecimiento paulatino hacia la periferia del área de influencia. Es decir, se tiene discriminación de la información pero hay variación en los valores de ingreso iniciales. Entre tanto el método IDW, es el más sencillo de los tres, muy exacto y que se ajusta a la localización de los datos sin cambiar los valores ni unidades en el punto de muestra, logrando una buena representación de la variable, y una interpretación más precisa y fácil.

Aunque ningún método de interpolación es mejor que otro, ya que los buenos resultados dependen de la muestra, calidad de los datos, cantidad de registros, etc., y no tanto del algoritmo utilizado.

En la figura 12, se obtiene la distribución espacial de la precipitación Max en 24h, de los máximos registrados en la serie de tiempo, donde se puede concluir que en gran parte del PNN El Cocuy la tendencia es de bajas y medias precipitaciones (Aproximadamente en un 70%), mientras que al costado oriental es donde se presenta las mayores precipitaciones por influencia de los vientos alisios que vienen del NE, y de los vientos que vienen de las llanuras al Oriente. El costado norte sigue presentando la más alta concentración de precipitación descendiendo paulatinamente hacia sur del PNN El Cocuy

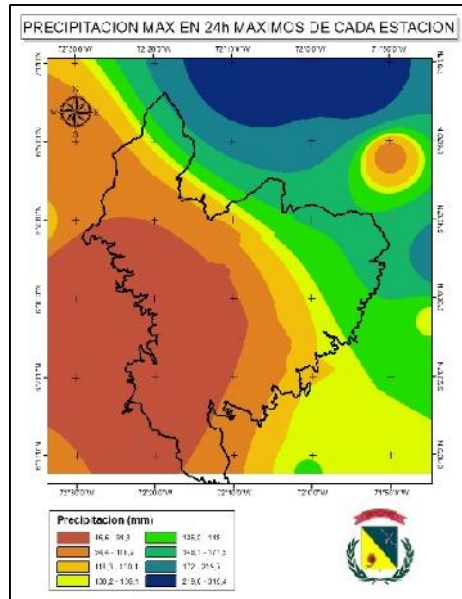


Figura 12 Distribución espacial de las precipitaciones Max en 24h, de los máximos registros en la serie de tiempo

Fuente 22 El Autor

En la figura 13, se muestra como es el comportamiento de la precipitación máx. en 24h, del mes más seco del año, el cual corresponde a Enero. Se tomó como ejemplo para un TR de 2.3 años. Al analizar el resultado obtenido, se evidencia precipitaciones relativamente bajas en un 80% del área de influencia, siendo la constante de menor precipitación en el costado de la masa glaciar, y al occidente de la cordillera. Aumenta las precipitaciones hacia el NE del área de Influencia, en menor medida.

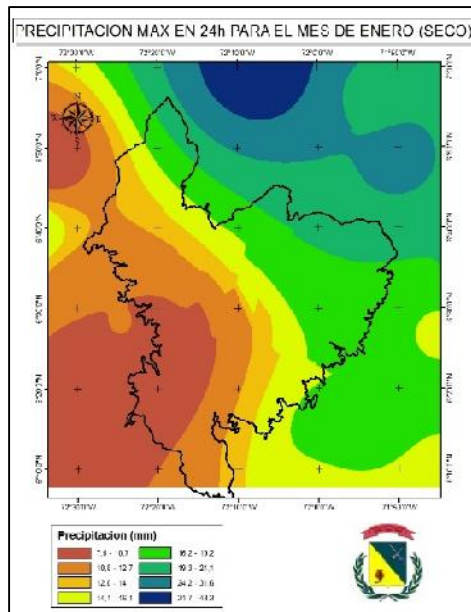


Figura 13 Distribución espacial de las precipitaciones Max en 24h, Mes de enero TR 2.3 años

Fuente 23 El Autor

En la figura 14, se muestra cómo se comporta las precipitaciones máx. en 24h, del mes más lluvioso del año, el cual corresponde a Mayo. Se tomó como ejemplo para un TR de 2.3 años. Al analizar el resultado obtenido, se observa que la tendencia de lluvias aumenta hacia el costado NE, Este y SE, del área de Influencia, y se mantiene las bajas precipitaciones al costado oriental de la cordillera, presentando las mínimas precipitaciones en el área de la masa glaciar.

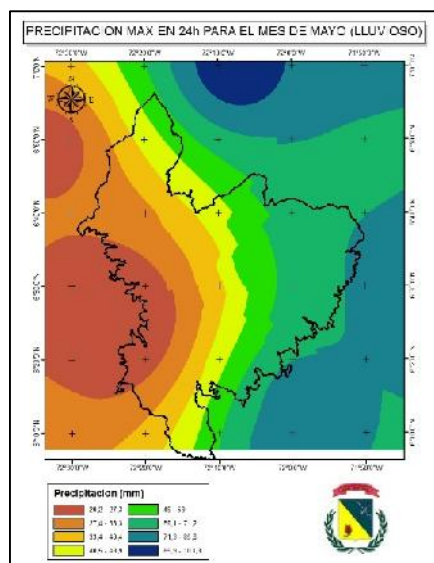


Figura 14 Distribución espacial de las precipitaciones Max en 24h, Mes de Mayo TR 2.3 años

Fuente 24 El Autor

5. CONCLUSIONES

Los regímenes de lluvia en el área de influencia del PNN El Cocuy, va seguir manteniendo la misma tendencia en su extensión general, para los periodos de retorno analizados, variando de manera proporcional la cantidad de precipitación de acuerdo al sector de estudio, siendo el flanco oriental el que presentara mayores precipitaciones, a causa de los vientos alisios provenientes del NE y de las llanuras al Este y SE. Mientras que el flanco occidental seguirá presentando menores precipitaciones, por no tener la influencia directa de los vientos alisios y debido a los movimientos locales del aire, la topografía y altitud, ya que es donde se encuentra la masa glaciar del PNN El Cocuy.

Las máximas precipitaciones de los máximos de las serie de tiempo, muestra una régimen de lluvias bajo en la mayor parte del área del PNN El Cocuy, donde es más notable el aumento de la precipitación al costado norte del área de estudio, y con relativas bajas de lluvia en lo que respecta el municipio de Fortul – Arauca, se soporta dicha hipótesis de acuerdo al mapa de distribución de máximas precipitaciones en 24h correspondiente.

Las lluvias dependen en gran medida del movimiento de la zona de confluencia intertropical (ZCIT), la latitud, altura sobre el nivel medio del mar, la topografía, las diferencias bioclimáticas entre ambos costados y los vientos alisios de NE y SE, lo que condiciona el clima del área de influencia y por consecuencia el régimen de lluvias.

Las precipitaciones más bajas se presentan en la zona glaciaria del PNN El Cocuy, debido a la altitud de las mismas que es superior a los 4500 msnm, con una área aproximada de 3800 Has, siendo el área al costado occidental mayor que al oriental. Estos resultados se soportan con los registros obtenidos entre las estaciones ubicadas en el flanco oriental y occidental. El flanco occidental queda inmerso en una sombra de lluvia o sotavento, presentando esas precipitaciones bajas y que además no recibe la influencia directa de los alisios.

El método estadístico IDW, permite un análisis adecuado de la distribución de las lluvias, y es bastante acertado de acuerdo a las tablas estadísticas generadas, por lo cual para el estudio permitió hacer conjeturas y predicciones más reales del comportamiento de lluvias en el área de influencia.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerle a mi familia por el apoyo incondicional y paciencia a lo largo de la especialización, que con sus consejos logre culminarla a satisfacción, al profesor Jorge Corredor por su asesoría en el tema y cada uno de los docentes que hicieron parte de este proceso de formación, a cada uno de mis compañeros y colegas especialistas por su profesionalismo, dedicación y compañerismo, y ante todo a Dios por brindarme la fuerza, el empeño y constancia para este nuevo logro obtenido. Muchas Gracias por todo y espero seguir contando con cada uno de Uds. para futuros proyectos profesionales y académicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] Parques Nacionales Naturales de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, vivienda y desarrollo Territorial. Plan de Manejo 2005 - 2009. Parque Nacional Natural El Cocuy.

[2] Elías Castillo F. y Ruiz Beltrán L. 1979. Precipitaciones máximas en España. Edit. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, 545 pp.

[3] Alcaldía Municipal de El Cocuy Boyacá. Esquema de ordenamiento territorial El Cocuy Boyacá 2002-2003.

[4] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Precipitaciones y temperatura. En: <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=1000>

[5] ESRI Colombia, «ArcGis Resources,» ESRI, 24 01 2015. [En línea]. Available: <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009z0000006m000000>

[6] ESRI Colombia, «ArcGis Resources,» ESRI, 24 01 2015. [En línea]. Available: <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/009z00000075000000>